

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002040

International filing date: 10 February 2005 (10.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-032789
Filing date: 10 February 2004 (10.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2004年 2月10日

出願番号 Application Number: 特願2004-032789

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

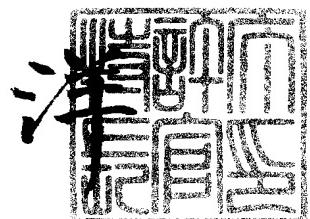
出願人 Applicant(s): シチズン時計株式会社

J P 2004-032789

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

2005年 4月13日

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 P30056
【提出日】 平成16年 2月10日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H03H 9/215
【発明者】
【住所又は居所】 東京都西東京市田無町六丁目1番12号 シチズン時計株式会社
内
【氏名】 山本 泉
【特許出願人】
【識別番号】 000001960
【氏名又は名称】 シチズン時計株式会社
【代表者】 梅原 誠
【電話番号】 0424-68-4748
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 003517
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

外部接続用の基部電極を有する振動子基部と、
前記振動子基部から連続して形成され、所定の周波数で振動する 2 本の振動子脚部と、
前記振動子脚部の表面又は裏面の少なくとも一方に形成した溝部と、
前記溝部に設けた溝電極と、
前記振動子脚部の前記溝部が形成されていない側面に形成した側面電極と、
前記基部電極と前記側面電極とを接続する側面電極用接続電極と、
前記溝電極と前記側面電極とを接続する溝・側面間接続電極とを有し、
前記溝部のうち、前記基部近傍の幅を狭くして前記溝・側面間接続電極の配置部を設けた
振動片を有する振動子において、
前記基部近傍の前記溝電極と前記側面電極との距離を漸次変化させたことを特徴とする振
動子。

【請求項 2】

前記基部近傍の前記溝部の幅を漸次狭くして前記溝電極と前記側面電極との距離を漸次変
化させたことを特徴とする請求項 1 記載の振動子。

【請求項 3】

前記溝部の幅を漸次テーパー状に狭くしたことを特徴とする請求項 2 記載の振動子。

【請求項 4】

前記溝部の幅は、左右対称に漸次狭くしたことを特徴とする請求項 2 または請求項 3 記載
の振動子。

【請求項 5】

前記振動子が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求
項 4 のいずれかに記載の振動子。

【請求項 6】

前記振動子基部付近の前記振動子脚部の幅を前記振動子基部に向かって漸次広くしたこと
を特徴とする請求項 1 記載の振動子。

【請求項 7】

前記振動子脚部の幅を扇状にしたことを特徴とする請求項 6 記載の振動子。

【請求項 8】

前記振動子脚部の幅は、左右対称に漸次広くしたことを特徴とする請求項請求項 6 または
請求項 7 記載の振動子。

【書類名】明細書

【発明の名称】振動子

【技術分野】

【0001】

この発明は例えば水晶等からなる音叉型の振動片よりなる振動子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電子機器のタイムスタンダード等として使用される振動子に対しては、これが使用される電子機器の小型化に伴い、振動子のサイズが小型で、しかもC I値の小なるものが要求されるようになってきている。この要求に対応する振動子として、例えば音叉型の水晶振動子の場合は、従来、図7(a)、(b)に示すように構成されたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2002-76827号公報（6頁～8頁、図11、図12）

【0003】

ここで、図7(a)は音叉型水晶振動子110の上面図であって、図7(b)は図7(a)のD—D断面図である。音叉型水晶振動子110は脚部112、113を有し、その脚部112、113に長溝よりなる溝部112a、113aが形成されている。図7(b)に示すように、音叉の脚部112、113の断面形状は略H型となっている。ここで、このような断面が略H型の音叉型水晶振動子は、振動子の大きさを従来より小型化しても、電気機械変換係数を高くすることができるため、C I値（クリスタルインピーダンス又は等価直列抵抗）を低く抑えることができるという特性を有する。このような略H型の音叉型水晶振動子110は外部より電圧が印加されると脚部112、113が振動する。その振動により、等価回路の直列抵抗部に駆動電流が流れるようになっている。すなわち、溝部112a、113aに溝電極が形成され、これら溝部112a、113aが設けられていない両側面112b、113bに側面電極が形成される。そして、電圧が印加されると、溝電極と側面電極の間に電界が生じ、これにより、H型断面の左右の壁部は圧電効果により、互いに逆方向の伸縮を生じ、脚部112、113は互いに反対方向の屈曲振動を行い、Q値の高い振動子となる。これに伴い、側面電極と溝電極の間に電流が流れることとなる。

【0004】

ところで、上記の側面電極と溝電極には外部から電流が供給されることが必要であるが、具体的には、外部から、音叉型水晶振動子110の基部111に設けられている基部電極を介して、電流は溝電極や側面電極に供給されることになる。このため、基部電極と溝電極や側面電極とを接続する接続電極が必要となる。この接続電極のうち、基部電極と溝電極とを接続する溝電極用接続電極は、図7における基部表面111cに配置される。また、溝電極と側面電極とを接続する溝・側面間接続電極は、例えば、基部表面111cと脚部表面112cとに配置されている。

【0005】

このような、断面H型の音叉型水晶振動子110は溝部112a、113aの溝電極と側面112b、113bの側面電極の間の距離が短くとれ、かつ水晶のx軸と略平行の方向の電界を加えることができ、圧電作用の電気機械変換効率を高めることができるので、電極間に駆動電圧を印加した際に音叉型水晶振動子110が変形して電流を流すことが容易となる。すなわち、断面H型の音叉型水晶振動子110の場合は従来の溝のない音叉型水晶振動子よりもC I値（クリスタルインピーダンス）を低下させる上において有利となる。

【0006】

しかしながら、上記の略H型の音叉型水晶振動子110は例えば共振周波数が32.768KHzの小型のものが要求される場合があり、これに伴い図7(a)に示す脚部112、113の横方向の幅が、例えば0.1mm、溝部112a、113aの幅が例えば0.07mm程度にまで小型化されている。したがって、上記の基部電極と側面電極とを接続

する脚部表面112cにおける領域（図7（a）における斜線部分）の幅Wは、例えば0.015mmと制限されてしまう。ここで、脚部表面112cに配置しようとする溝・側面間接続電極の幅は少なくとも0.01mm程度は必要である。これでは、溝・側面間接続電極と溝電極との隙間は僅か0.005mmが許されるということになり、実際の製造工程における誤差を考慮するとこれらの電極同士が接触したり、その他の短絡を起こす可能性が高く、振動子の不良原因となり、又、これを防ぐように製造すると、製造コストが著しく上昇するという問題があった。

【0007】

そこで、かかる問題を改善するために、図8に示すような音叉型水晶振動子100が提案され知られている（例えば、特許文献2参照）。

【特許文献2】特開2003-87090号公報（7頁～10頁、図1、図3） 図8（a）は前記の音叉型水晶振動子100を示す上面図であり、図8（b）は音叉型水晶振動子100から電極を省いた水晶片を示す上面図、図8（c）は図8（a）のC—C断面図である。図8において、140は基部であり、120、130は基部140から突出する脚部である。脚部120、130の表面及び裏面には溝部120a、130aがそれぞれ形成されている。そして、これらの脚部120、130の断面形状は図8（c）に示すように略H型となっている。この略H型の音叉型水晶振動子においては、その基部140に基部電極140d、140fが形成され、脚部120、130の溝部120a、130aには溝電極120d、130dがそれぞれ形成される。そして、図8（c）に示すように、脚部120、130の両側面には側面電極120e、130eが形成されている。この側面電極のうち、脚部130の側面に配置される側面電極130eは図8（a）に示す側面電極用接続電極141を介して基部電極140dに接続され、脚部120の側面に配置される側面電極120eは側面電極用接続電極142を介して基部電極140fに接続している。一方、前記溝電極120dは溝電極用接続電極143を介して基部電極140dに接続している。そして、前記溝電極130dは溝・側面間接続電極144を介して脚部120の側面電極120eに接続し、ここを経て最終的には基部電極140fに接続している。

【0008】

ここで、脚部120、130の幅は、例えば0.1mmであり、溝部130a、120aの長さは0.8mmであり、その幅は大部分が0.07mmであり、基部140側の下端部から0.2mmの間では0.05mmの幅となるように、0.02mm程度、段状に狭く形成されている。このように、溝部120aの幅が小さくなった部分の左側には接続電極配置部Sが形成され、この部分に側面電極（120e）と接続するための前記の溝・側面間接続電極144が配置されている。このように、改良された音叉型水晶振動子100は、改良される前の図7に示す音叉型水晶振動子110に比較して、溝部の幅を2段階とし、溝部の幅が小さくなった部分に隣接して接続電極配置部Sを設けたので、接続電極配置部Sの幅を広く取れる。よって、溝・側面間接続電極144と溝電極（120d）との短絡を生じにくく、その点では信頼性のある音叉型水晶振動子を形成することが容易となる。

【0009】

また上記のような溝部を有する音叉型水晶振動子として、溝部端部の平面形状がテーパー状になっているものが特許文献3に記載されている。特許文献3に記載の当該音叉型水晶振動子においては、溝部のテーパー部が基部に形成されており、これにより溝部の深さを緩やかに変化させ、溝電極の断線を防止している。

【特許文献3】特開2003-133895公報（6頁～7頁、図1、図3）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、このように溝部の幅が2段階となるような改良された、従来の音叉型水晶振動子にも、以下に述べるような問題がある。すなわち、（1）溝部（120a、130a）

0 a) の平面形状が単純な矩形ではなく、段付きの形状となるため、エッティングにより溝部を形成する際に、実際には溝の幅の広い部分は深くエッティングされ、溝の幅の狭い部分は浅くエッティングされる傾向がある。図9は図8 (b) に示す中心線cに沿って溝部120 aを切断した断面図である。図9に示すように溝部120 aの深さは、基部140から0.2mmのところから溝の幅に対応して浅くなり、やや緩やかな段状となっている。ここで、段部の立ち上がりの傾斜は必ずしも一定ではなく、点線で示す範囲に変化する傾向がある。これは溝の幅は段状に変化し、エッティングの深さもこれに追随して急激に変化しようとするのであるが、実際にはエッティング速度に及ぼす種々の要因により影響を受けて遅れを生じ、深さの段部の傾斜はかなりのバラツキを有することとなるからである。このため、左右の脚部において溝部の立体形状が、一致せず若干異なる場合が少くない。その結果、左右の脚部においてその付け根に近い部分での剛性(stiffness)に若干の差異を生じ、音叉としての左右の脚部の振動の打ち消しが十分に行われず、Q値が低下し、CI値の増加を招くことがある。

【0011】

(2) 次に、上記の溝部(130 a、120 a)の幅が狭い部分においては、溝部の溝電極(120 d、130 d)と側面の側面電極(120 e、130 e)との距離が大となり、この部分において側面と溝部の間に加わる電界(結晶の電気軸方向の電界)の強度が低下する。この場合、脚部120、130の根元に近い部分で電界強度が低下するので、脚部を変形させるための駆動力が低下し、電気機械変換の係数が低下をもたらし、音叉型水晶振動子100を駆動して十分な電流を流す上で不利となり、CI値を悪化させる原因となる。

【0012】

また特許文献3では溝部の形状端部をテーパー状にする工夫が見られるが、テーパー状の部分は音叉型水晶振動子の脚部ではなく基部なので、本発明が目的としているCI値(クリスタルインピーダンス)の低下にはまったく寄与しないものである。

【0013】

そこで、本発明は図8に例示したような従来の略音叉型の水晶振動子(100)における上記の問題点を改善することを課題とするものである。そして本発明は、これらの課題を解決することにより、両脚部に溝を有する音叉型の小型の水晶振動子において側面電極への確実な接続を確保しつつ、従来よりもCI値(クリスタルインピーダンス)を低下することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記の課題を解決するためにその第1の手段として本発明は、外部接続用の基部電極を有する振動子基部と、

前記振動子基部から連続して形成され、所定の周波数で振動する2本の振動子脚部と、

前記振動子脚部の表面又は裏面の少なくとも一方に形成した溝部と、

前記溝部に設けた溝電極と、

前記振動子脚部の前記溝部が形成されていない側面に形成した側面電極と、

前記基部電極と前記側面電極とを接続する側面電極用接続電極と、

前記溝電極と前記側面電極とを接続する溝・側面間接続電極とを有し、

前記溝部のうち、前記基部近傍の幅を狭くして前記溝・側面間接続電極の配置部を設けた振動片を有する振動子において、

前記基部近傍の前記溝電極と前記側面電極との距離を漸次変化させたことを特徴とする。

【0015】

上記の課題を解決するためにその第2の手段として本発明は、前記第1の手段において、前記振動子は前記基部近傍の前記溝部の幅を漸次狭くして前記溝電極と前記側面電極との距離を漸次変化させたことを特徴とする。

【0016】

上記の課題を解決するためにその第3の手段として本発明は、前記第2の手段において

、前記振動子は前記溝部の幅を漸次テーバー状に狭くしたことを特徴とする。

【0017】

上記の課題を解決するためにその第4の手段として本発明は、前記第2の手段又は第3の手段において前記溝部の幅は、左右対称に漸次狭くしたことを特徴とする。

【0018】

上記の課題を解決するためにその第5の手段として本発明は、前記第1の手段乃至第4の手段のいずれかにおいて、前記振動子が音叉型水晶振動片により形成されていることを特徴とする。

【0019】

上記の課題を解決するためにその第6の手段として本発明は、前記第1の手段において、前記振動子は前記振動子基部付近の前記振動子脚部の幅を前記振動子基部に向かって漸次広くしたことを特徴とする。

【0020】

上記の課題を解決するためにその第7の手段として本発明は、前記第6の手段において、前記振動子脚部の幅を扇状にしたことを特徴とする請求項6記載の振動子。

【0021】

上記の課題を解決するためにその第8の手段として本発明は、前記第6の手段または第7の手段において前記振動子脚部の幅は、左右対称に漸次広くしたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

前記の第1の手段によれば、左右の脚部に溝部を有する振動子において溝電極と側面電極の距離を振動子基部の近傍において連続的に変化させることにより、溝電極と側面電極の間に、側面電極への接続電極を設けるスペースを確保して、側面電極への確実な接続ができるとともに、従来のように電極間の距離が不連続的に広くなる振動子に比較し、平均的な電極間距離が短くなり、脚部の付け根の近傍において、駆動の電圧の電界強度が上がり、効率の良い駆動ができ、C I 値が低下する。

【0023】

前記の第2乃至第5の手段のいずれかによれば、第1の手段の上記したC I 値低下の効果に加え、溝部の幅を漸次変化させることにより、従来のように急激に変化させたものと比較して、エッチングにより形成される溝の形状が安定して、左右の脚部の剛性が均一化されて、Q 値が向上することによりC I 値が低下する。ここで、第4の手段の場合は、各脚部の形が長手方向の中心線に対し左右対称となるので、左右の脚部の振動方向が丁度180°の反対方向となって打ち消しあいQ 値が向上する。また、第5の手段の場合は圧電材として水晶を使用するのでQ 値が向上する。

【0024】

前記の第6乃至第8の手段のいずれかによれば、第1の手段の上記したC I 値低下の効果に加え、振動子脚部の幅を振動子基部に向けて漸次広くすることにより、溝部の幅を変化させず固定することができるので、エッチングで溝部を形成するときに、溝部の幅を不連続的に変化させた従来例に比較して溝部の内部形状が安定して、左右の脚部の剛性が均一化されて、Q 値が向上することによりC I 値が低下する。ここで第8の手段の場合は、各脚部の形が長手方向の中心線に対し左右対称となるので、左右の脚部の振動方向が丁度180°の反対方向となって打ち消しあいQ 値が向上する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下図面により本発明の実施の形態である実施例1、実施例2を詳述する。

【実施例1】

【0026】

以下に、本発明の実施例1に係る振動子につき図面を用いて説明する。本実施例1に係る振動子は屈曲振動をする音叉型の水晶振動子であり、後述するようにその脚部に溝を有するものである。図1は実施例1に係る水晶振動子を示す図であり、図1(a)は音叉型

水晶振動子20の上面図、図1（b）は音叉型水晶振動子20から電極を除いたバルクの音叉型水晶片の上面図、図1（c）は図1（a）のA-A断面図である。また、図2は図1（a）の音叉型水晶振動子20の要部の拡大図である。図1において20は断面が略H型の音叉型水晶振動子である。この音叉型水晶振動子20は水晶の単結晶から、板状に切り出された後、音叉型に加工されて形成されている。音叉に加工する前の板状の状態では、単結晶のx軸（電気軸）、y軸（機械軸）、z軸（光軸）からなる直交軸において、x軸とy軸とからなるxy平面をx軸回りに反時計方向に若干傾けたいわゆる水晶z板を切り出し、これから上記の音叉型水晶振動子20が形成される。図1（a）、（b）において、X座標は上記x軸に一致した方向となり、Y座標は上記y軸座標から若干傾いた方向となっている。図1において、4は基部、2、3は基部4から図のY軸方向に突出するようになされた2本の脚部である。脚部2、3の表面には図1（b）に示すように、溝部2a、3aが形成されている。この溝部2a、3aは図1（c）に示すように、脚部2、3の裏面にも同様に形成されている。そのため脚部の断面形状は略H型に形成される。2b、3bは脚部2、3の側面である。

【0027】

音叉型水晶振動子20には以下のような電極が形成されている。基部4には基部電極4a、4bが形成され、脚部2、3の溝部2a、3aには溝電極2d、3dが形成され、脚部2、3の側面2b、3bには図1（c）に示すように側面電極2e、3eが形成されている。この側面電極2e、3eのうち、脚部2においてその外側と内側に配置される側面電極2e同士は図1（a）に示す側面電極間接続電極2e1を介して接続され、脚部3においてその外側と内側に配置される側面電極3e同士は側面電極間接続電極3e1を介して接続されている。（なお、この側面電極間接続電極2e1、3e1は周波数の微調整用膜としての役割もなしている。）5a、5bは側面電極用接続電極、5cは溝・側面間接続電極であり、6は溝電極用接続電極である。前記の基部電極4aは側面電極用接続電極5aを介して側面電極3eに接続し、基部電極4bは側面電極用接続電極5bを介して側面電極2eに接続するとともに、溝電極用接続電極6を介して脚部3の溝電極3dにも接続している。また、脚部2の溝電極2dは前記溝・側面間接続電極5cを介して図2に示すように脚部3の内側の側面電極3eに接続している。図1（a）に示す7は周波数調整用の厚膜であり、Cr、Ag等よりなる。上記した電極の構成によって、音叉型水晶振動子20の表面側に関しては、基部電極4bは脚部2の外側と内側の側面電極2eに接続するとともに、脚部3の溝電極3dにも接続する。また、基部電極4aは脚部3の外側と内側の側面電極3eに接続するとともに、更に溝・側面間接続電極5cを介して脚部2の溝電極2dに接続している。なお、音叉型水晶振動子20の裏面側において、脚部3の溝電極3dは基部4の裏側に設けた図示しない接続電極により基部電極4bに接続され、脚部2の溝電極2dも表面と同様にして基部電極4aに接続される。要するに、溝電極2dと側面電極3eは基部電極4aに導通し、溝電極3dと側面電極2eは基部電極4aに導通することとなる。

【0028】

このような電極の配置と接続がなされた音叉型水晶振動子20をその基部を図示しないケースの端子に固定・接続し、例えは基部電極4aに正電圧を加え、基部電極4bに負電圧を加えたとすれば、脚部2において、溝電極2dは正電位となり、側面電極2eは負電位となり、電界の方向は溝電極2dから側面電極2eに向かう方向となる。脚部3においては、溝電極3dは負電位となり、側面電極3eは正電位となり、電界の方向は側面電極3eから溝電極3dに向かう方向となる。今、電界の方向が図のXの方向（右方向）で水晶に伸びの応力が発生し、-Xの方向（左方向）で水晶に圧縮の応力が発生するとすると、脚部2においては、溝2aの外側（右側）の壁部が伸び（Y方向に）、内側（左側）の壁部が（Y方向に）縮小し、脚部2は内側に向けて撓もうとする。脚部3においては電界の方向は溝3aの外側（左側）の壁部で右向、溝3aの内側（右側）の壁部で左向となり、溝3aの外側の壁部が伸び、内側の壁部が縮小し、脚部3は内側に向けて撓もうとする。逆に、基部電極4aに負電圧を加え、基部電極4bに正電圧を加えたとすれば、脚部2、3

における電界方向は上記と逆になり、結果において、脚部2も脚部3も外側に向けて撓もうとする。このようにして、音叉型水晶振動子20の脚部2と脚部3は互いに反対方向に撓むように駆動され、振動が打ち消し合うように駆動される。

なお、上記した電極の配置、接続と、音叉型水晶振動子20の駆動原理そのものは公知であるが、本実施例1の説明を明確にするために、説明の順序として述べたものである。

【0029】

以下に、本実施例1に係る音叉型水晶振動子20の特徴とするところにつき説明を行う。上記したように音叉型水晶振動子20の脚部2、3には溝部2a、3aが形成されているが、図1(b)に示すように、この溝部2a、3aの幅は一定ではなく、基部4から少し離れたところから、基部4に向かって幅がテーパー状に減少している。実施例1の場合、脚部2、3の全長は1.65mmである。溝部2b、3bの全長は0.83mmであり、脚部2、3の付け根と溝部2a、3aの下端のY方向の位置は略一致している。脚部2、3の幅は0.11mmであり、溝部2a、3aの幅は溝部の下端からのY方向の距離が0.2mm以上の場合0.07mmと一定である。一方溝部2a、3aの下端から0.2mm以内の範囲では溝部2a、3aの外形はテーパー2at、3atをなし、溝幅は溝部2a、3aの下端部に向けて直線的に減少し、その下端部における溝幅は0.05mmとなり、溝部3aと側面3bの間隔は図2にも示すように0.03mm以上となっている。このため、この範囲(溝の下端部から0.2mmの範囲)では溝部(2a、3a)と側面(2b、3b)の間には下方に向けて広がる扇形の配線領域(例えばD)が形成される。すなわち、図2にも示すように配線領域における溝・側面間接続電極5cの幅が略0.01mmとなるように形成した場合には、当該接続電極5cと溝電極3dの間隔は、ある範囲(脚部3の付け根から略0.14mmの範囲)で0.01mm以上となり、製造工程における電極間のショートを確実に防止できる。なお、本実施例1においては溝部2a、3aの外形形状はそれそれがY方向の中心線(例えばC)に対し左右対称となっている。これは、Y方向に対する振動の洩れを少なくする効果がある。

【0030】

本実施例1の特徴の1つは、前記の扇形部分(例えばD)において、側面(2b、3b)と溝(2a、3a)の間の間隔は溝部の下端部から0.2mm以内の範囲では、上記したように0.02mmから0.03mmへと下方に向けて広がっていることに伴い、この範囲では、溝電極2d、3dと側面電極3の距離(脚部2、3の上面にはみ出した部分を除く。)も同様に0.02mmから0.03mmへと下方に向けて直線的に増加する。これにより、側面電極と溝電極の電極間距離が一気に段付き状に増加する従来例(例えば図8に示す振動子100)に比較して、電極間距離の平均値が減少し、従来よりも電極間の電界強度の平均値が増加する。特に、脚部(2、3)の根元に近い部分における電界強度の増加は、脚部の駆動力を増加させる効果が大であり、電気/機械の変換の係数を上げ、CI値の減少をもたらす。

【0031】

ここで、水晶振動子等の圧電振動子の等価回路は図4に示す4素子等価回路定数L、C1、R、C0で表される。ここで、CI値と等価回路定数の関係は、fを水晶振動子の共振周波数とすれば、

$$CI = 1 / (C_1 \cdot 2\pi f \cdot Q) \quad \dots \quad (1)$$

で表される。ところで、上記したように電気/機械の変換係数が上がれば水晶の変形に起因する電流が流れ易くなるため、動的な容量とも言うべき直列容量C1の並列容量C0に対する比率であるC1/C0が増加する(並列容量C0には水晶が変形しなくても電流が流れる。)。またはC0/C1が減少する。このため、C0を略一定とすればC1が増加する。そして、直列容量C1が増加すれば、(1)式よりCI値が減少する。

【0032】

本実施例1の特徴の他の1つとして、脚部に設けられた溝の平面形状に起因して、振動子のQ値が従来の溝付きの振動子よりも向上する。図3は図1(b)の中心線Cに沿った脚部2の溝部2aの断面を示す図である。かかる溝部2aはエッチングで形成され、溝の

幅が小となるほど溝の深さが小となる傾向があるが、本実施例1の場合は溝部の下端部から0.2mmの距離から直線的に漸次溝幅が減少する。これに伴って溝の深さも一様に直線的に減少し、図9に示した従来例のように段差を生ずることなく、安定したバラツキのない形状となる。よって、断面の形状、寸法のバラツキが左右の脚部2、3において少なくなり、左右の脚の剛性(stiffness)の差が従来よりも少なくなり、左右の脚が逆位相で振動したときの振動の打ち消しが十分に行われ、従来よりも高いQ値を安定して得ることができる。そして、これにより、(1)式よりCI値の減少をもたらすこととなる。

【0033】

以下に、従来の段付き溝の音叉型水晶振動子(図8に示したような振動子をいう。)と本実施例1のテーパー溝の音叉型水晶振動子(図1に示した振動子をいう。)の電気特性を表1を用いて説明する。ここでいずれの音叉型水晶振動子も外形寸法、溝の長さ及び溝の最大幅、最小幅は等しく、共振周波数は共に略32KHzである。

【0034】

【表1(a)】

表1(a) 段付き溝の音叉型水晶振動子の電気特性

No.	CI (kΩ)	CO (pF)	Q	C1 (fF)	L (H)	CO/C1
1-1	52.3	1.00	29866	3.16	7722	316
1-2	58.3	0.96	26788	3.16	7713	304
1-3	58.3	0.97	26597	3.19	7681	304
1-4	52.9	0.97	29356	3.18	7661	305
平均値	55.5	0.98	28152	3.17	7694	307
標準偏差	3.3	0.02	1629	0.01	25	6

【0035】

【表1(b)】

表1(b) テーパー溝の音叉型水晶振動子の電気特性

No.	CI (kΩ)	CO (pF)	Q	C1 (fF)	L (H)	CO/C1
2-1	49.3	0.99	30100	3.36	7388	295
2-2	51.6	0.99	28694	3.37	7379	294
2-3	48.7	1.00	30168	3.39	7319	295
2-4	51.1	1.00	29045	3.37	7414	297
2-5	47.8	1.00	30862	3.38	7357	296
平均値	49.7	1.00	29774	3.37	7371	295
標準偏差	1.6	0.02	886	0.01	36	1

【0036】

表1からもわかるように、テーパー溝の音叉型水晶振動子は、従来の段付き溝の音叉型

水晶振動子に比較して、Q値(平均値)が28152から29774へと略6%向上し、バラツキは1629から886へと半減している。テーパー溝の音叉型水晶振動子の場合は上記したように溝の深さを含めた立体形状のバラツキが少ないため、左右の腕の剛性のバランスが安定して取れているためと考えられる。次に直列容量C1(平均値)もテーパー溝の音叉型水晶振動子の場合は3.17fFから3.37fFへと略6%増加している。この理由はすでに説明した通りである。以上の結果、テーパー溝の音叉型水晶振動子の場合は段付き溝の音叉型水晶振動子に比較してCI値(平均値)が55.5kΩから49.7kΩへと略12%減少している。(このようにCI値が低下するのは(1)式においてQとC1が共に増加することによる。)しかも、バラツキも半減し、確実なCI値の低下の効果が得られている。

なお、上記の実施例1の説明においてはテーパー溝の音叉型水晶振動子について説明したが、本発明はこれに限らず、チタン酸バリウム等の他の圧電材を用いた同様の形状のテーパー溝の音叉型圧電振動子においても、同様の原理により、同様またはこれに近い効果を有する。

【0037】

なお、本実施例1で説明したテーパー溝の音叉型水晶振動子(図1に示す振動子20)はテーパー付きの溝部を有するものであるが、そのテーパーの部分があくまでも音叉の脚部2、3上に存在することにより、駆動のための電極間距離がテーパー状に減少し、上記したような、配線領域の確保と、駆動の際の電界強度の向上によるCIの低下の効果がもたらされている。これに対し溝部の形状だけに着目した場合には前述の特許文献3が近似しているように見えるが、特許文献3に記載の当該音叉型水晶子においては、溝のテーパーの位置は音叉の脚部ではなく、音叉の基部にあり、本実施例1のように、駆動電極間の距離を減少させて、電界強度の向上によりCIの低下をさせるという効果、配線領域を拡大するという効果は全く得られていない。よって、本実施例1は公知の当該音叉型水晶子とは目的、構成、作用効果が全く異なり(溝部と平面部との角度を大きくすることにより、レジストの角部での切れを防ぎ断線を防止する。)、これとは実質的に全く無関係である。

【0038】

以下に、本発明の実施例2に係る振動子につき図面を用いて説明する。本実施例2に係る振動子は図1に示した実施例1の振動子と同様に屈曲振動をする音叉型の水晶振動子であり、同様に、その脚部に溝を有するものである。図5は実施例2に係る音叉型水晶振動子を示す図であり、図5(a)はその音叉型水晶振動子30を示す上面図、図5(b)はその音叉型水晶振動子30から電極を除いた音叉型水晶片を示す上面図である。図6は図5(a)のB-B断面図である。その音叉型水晶振動子30において、14は、基部12、13は基部14から図のY軸方向に突出するように形成された2本の脚部である。脚部12、13の表面には溝部12a、13aが形成されている。この溝部12a、13aは図6に示すように、脚部12、13の裏面にも同様に形成されている。そのため脚部の断面形状は略H型に形成される。12b、13bは脚部12、13の側面である。ここで、脚部12、13の平面形状はその幅が大部分は一定であるが、基部14から若干離れた所からは脚部12、13の幅が、基部14に向かって直線的に広がり、側面12b、13bは図5(b)に示すように、下方に開くテーパー部12bt、13btを有している。なお脚部12等の外形は中心軸Cに関して左右対称となっている。そして、左右対称の効果は、実施例1において説明したのと同様である。

【0039】

ここで音叉型水晶振動子30の具体的な寸法は、例えば以下のようなものである。脚部12、13の全長は1.65mm、でありその幅は脚部の付け根から0.2mmを超えた部分では一様に0.11mmである。そして、脚部の付け根から0.2mm以内の部分においては、脚部の幅は付け根に向かって、テーパー状に広がり、テーパーの下端部における脚部の幅は図5(b)に示すように略0.13mmとなっている。一方、脚部12、13に設けられた溝部12a、13aの平面形状は幅が一様の長方形であり、その図面上での下端部のY方向の位置は脚部12、13の付け根部に略一致する位置にある。溝部12

b、13bの長さは0.83mmであり、その幅は一定で0.07mmとなっている。脚部の側面12b、13bと溝部12a、13aとの距離は脚部の付け根から0.2mm以上離れた場所では、一律に0.02mmである。そして、脚部の付け根から0.2mm以下の範囲においては、付け根に近づくほど、脚部12、13のテーパーによって、側面(12b、13b)と溝部(12a、13a)の間の距離は、0.02mmから0.03mmへと下方に向けて増加し、このため、脚部の上面に図5(b)に示すような配線領域D1を確保することができる。

【0040】

音叉型水晶振動子30には以下のような電極が形成されている。基部14には基部電極14a、14bが形成され、脚部12、13の溝部12a、13aには溝電極12d、13dが形成され、脚部12、13の側面12b、13bには図6に示すように、側面電極12e、13eが形成されている。12e1、13e1はそれぞれ、脚部12、13における内側と外側の側面電極同士を接続する側面電極間接続電極である。15a、15bは側面電極用接続電極であり、15cは溝・側面間接続電極である。16は溝電極用接続電極である。17は周波数調整用の厚膜である。これらの電極間の接続の状態は、図1に示して説明した音叉型水晶振動子20における対応する電極の場合と同様であるので、その説明を省略する。また、これらの電極を使用した本実施例2に係る音叉型水晶振動子30の駆動の基本的な原理も図1に示して説明した音叉型水晶振動子20の場合と同様なので、ここでは説明を省略する。

【0041】

本実施例2に係る音叉型水晶振動子30の特徴とするところを述べるならば、(1)上記のように、溝部12a、13aの平面形状が、幅が一様な長方形の形状でありながら、脚部12、13の平面形状が、付け根部の近傍においてテーパー部12bt、13btを有するため、この部分において、側面12b、13bと溝部12a、13aの間に、溝・側面間接続電極(15c)を形成するために十分な幅の配線領域D1(図5(b))を確保できる。この配線領域D1の幅は一例として図0.03mmから0.02mmまで変化するが、この場合テーパー部の下端においては配線領域D1の幅は0.03mmであり、溝・側面間接続電極(15c)のX方向の幅を0.02mm弱としても、溝電極13dとの間には約0.1mmの隙間が確保できる。図5(a)に示すように、この隙間を確保した状態で溝・側面間接続電極(15c)をY方向にある程度(例えば0.14mm以上)伸ばすことができる。そしてこれにより、ショートや断線を起こすことなく側面電極13と溝・側面間接続電極(15c)を確実に接続することができる。(テーパー部13btの下端部にまでは、側面電極13eは伸びていないものの、当該下端部から少なくとも0.01mmのところには側面電極13eが伸びて存在している。)

(2)上記したように、溝部の下端から0.2mmの範囲では、側面(12b、13b)と溝部(12a、13a)の間の距離は、0.02mmから0.03mmへとテーパー状に変化するので、これに伴って、側面電極12e、13eと溝電極12d、13dの距離も連続的に変化する。

よって、図1に示して説明したテーパー溝の音叉型水晶振動子20の場合と同様の理由により、従来の段溝の音叉型水晶振動子よりも、電極間の平均距離が短くなり、すでに説明した原理により、音叉型水晶振動子30は等価回路定数のうちの直列容量C1を増加させ、(1)式によりC1値が低下する。

(3)本実施例2においては、図5(b)に示すように溝部12a、13aの平面形状は幅一定の長方形であるので、エッチングによりこれらの溝を形成する際にその深さは、従来の段溝の音叉型水晶振動子の場合のような段がつかず、均一の深さとなり、左右の溝部12a、13aの間の寸法のバラツキが少なくなるので、左右の脚部12、13の剛性が均一となり、バランスがとれてQ値が向上する。よって、これによっても、(1)式によりC1値が低下する。

【図面の簡単な説明】

【0042】

- 【図1】本発明の実施例1に係る音叉型水晶振動子の構成を示す図である。
- 【図2】図1に示した音叉型水晶振動子の要部を示す拡大図である。
- 【図3】図1に示した音叉型水晶振動子の溝部の深さの状態を示す断面図である。
- 【図4】図1に示した音叉型水晶振動子の等価回路を示す図である。
- 【図5】本発明の実施例2に係る音叉型水晶振動子の構成を示す図である。
- 【図6】図5に示した音叉型水晶振動子の断面を示す図である。
- 【図7】従来の略H型（溝付き脚部を有するタイプ）の音叉型水晶振動子を示す図である。

【図8】従来の段溝の音叉型水晶振動子の構成を示す図である。

【図9】図8に示す音叉型水晶振動子の溝部の深さの状態を示す断面図である。

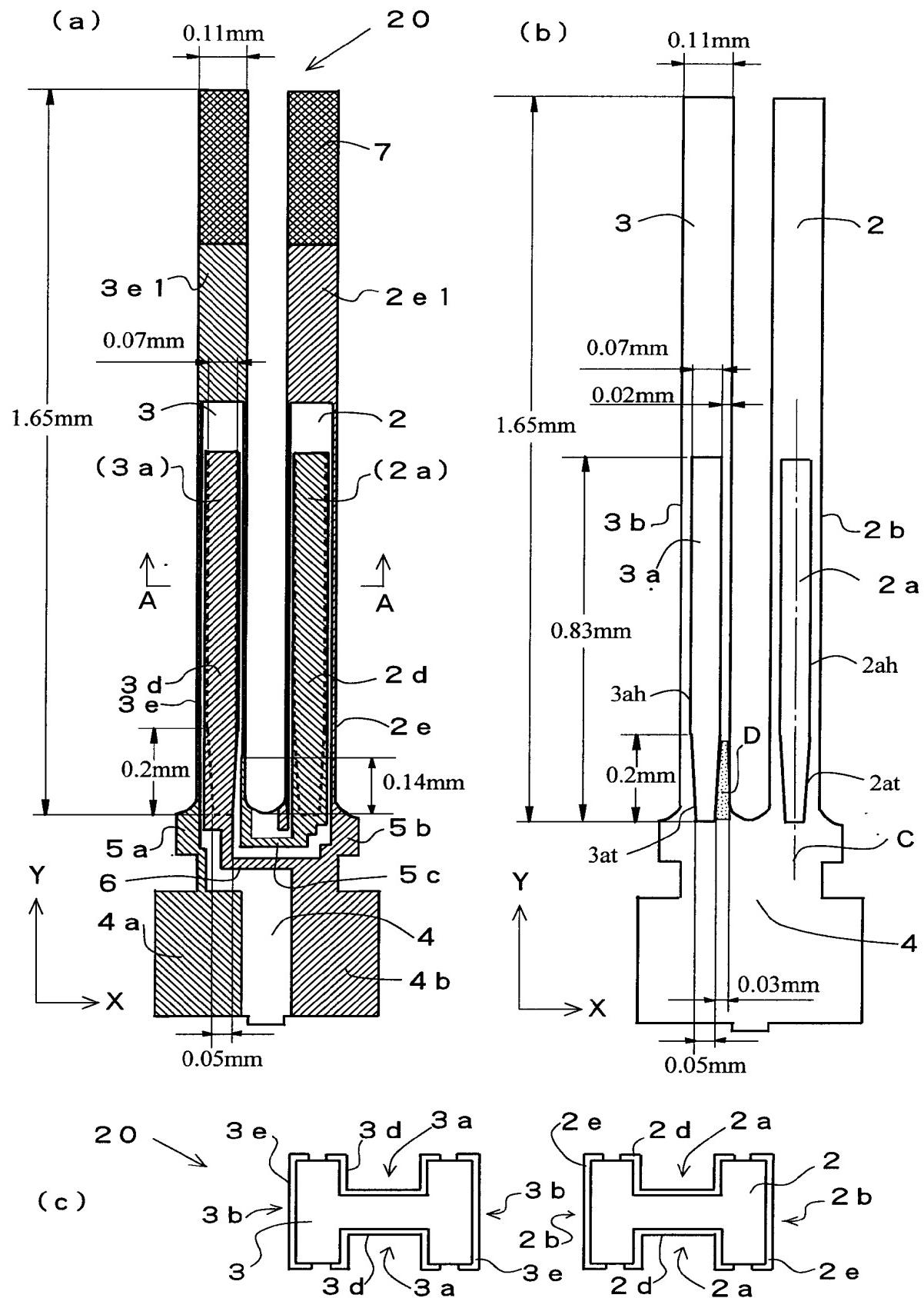
【符号の説明】

【0043】

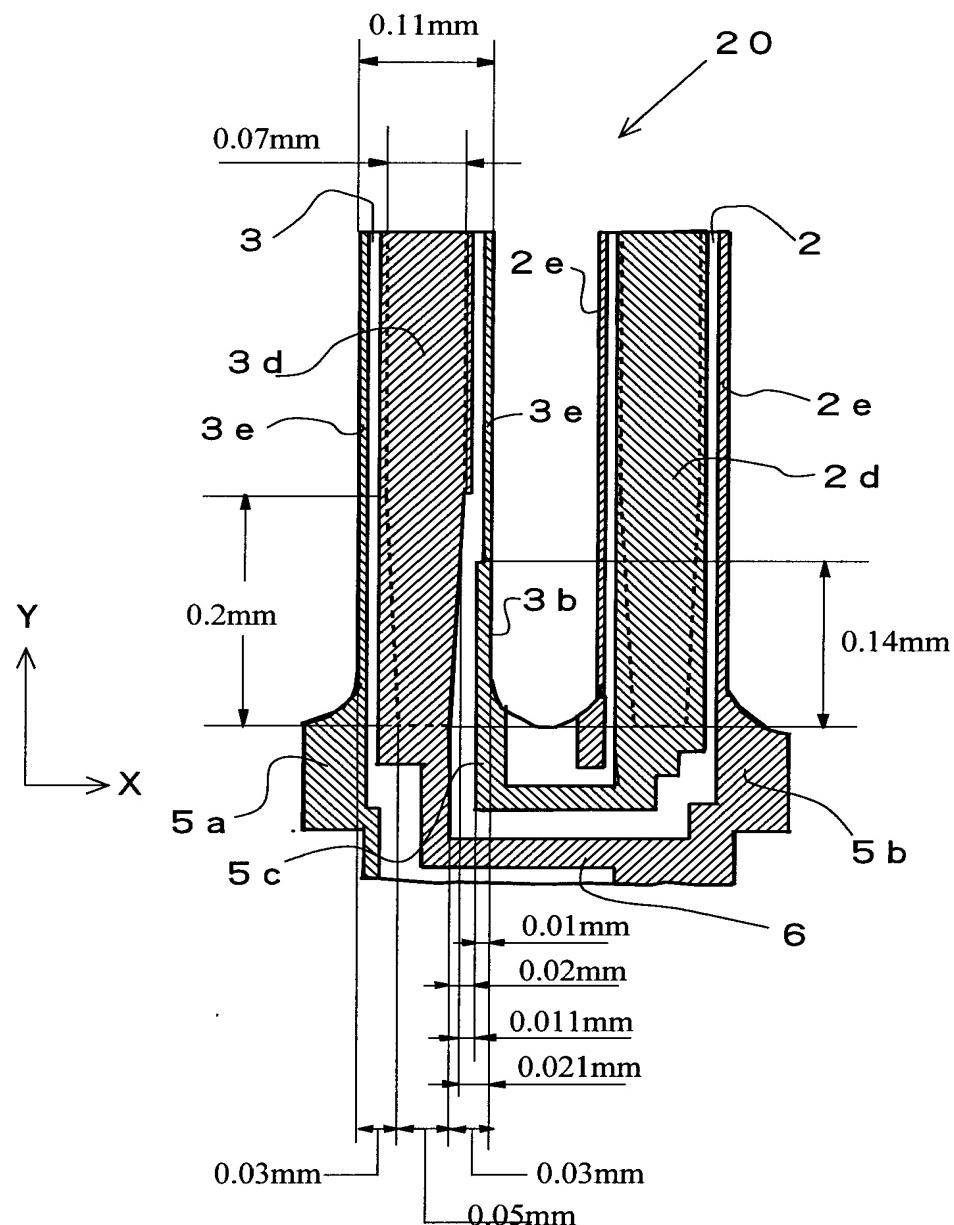
- 2、3、12、13 脚部
2a、3a、12a、13a 溝部
2b、3b、12b、13b 側面
2d、3d、12d、13d 溝電極
2e、3e、12e、13e 側面電極
2e1、3e1、12e1、13e1 側面電極間接続電極
4、14 基部
4a、4b、14a、14b 基部電極
5a、5b、15a、15b 側面電極用接続電極
5c、15c 溝・側面間接続電極
6、16 溝電極用接続電極
7、17 厚膜
20、30 音叉型水晶振動子
C 中心線
D、D1 配線領域

【書類名】図面

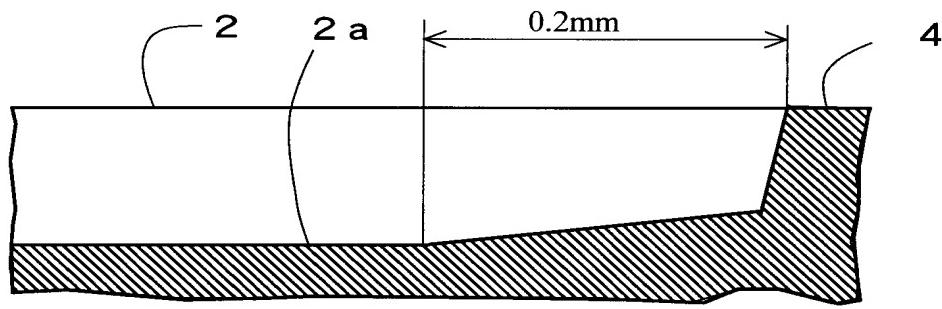
【図 1】



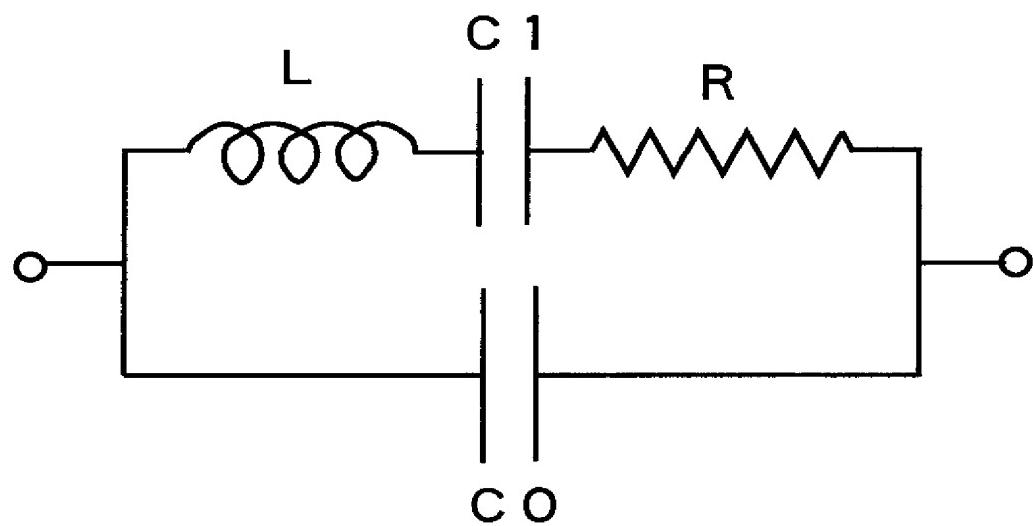
【図 2】



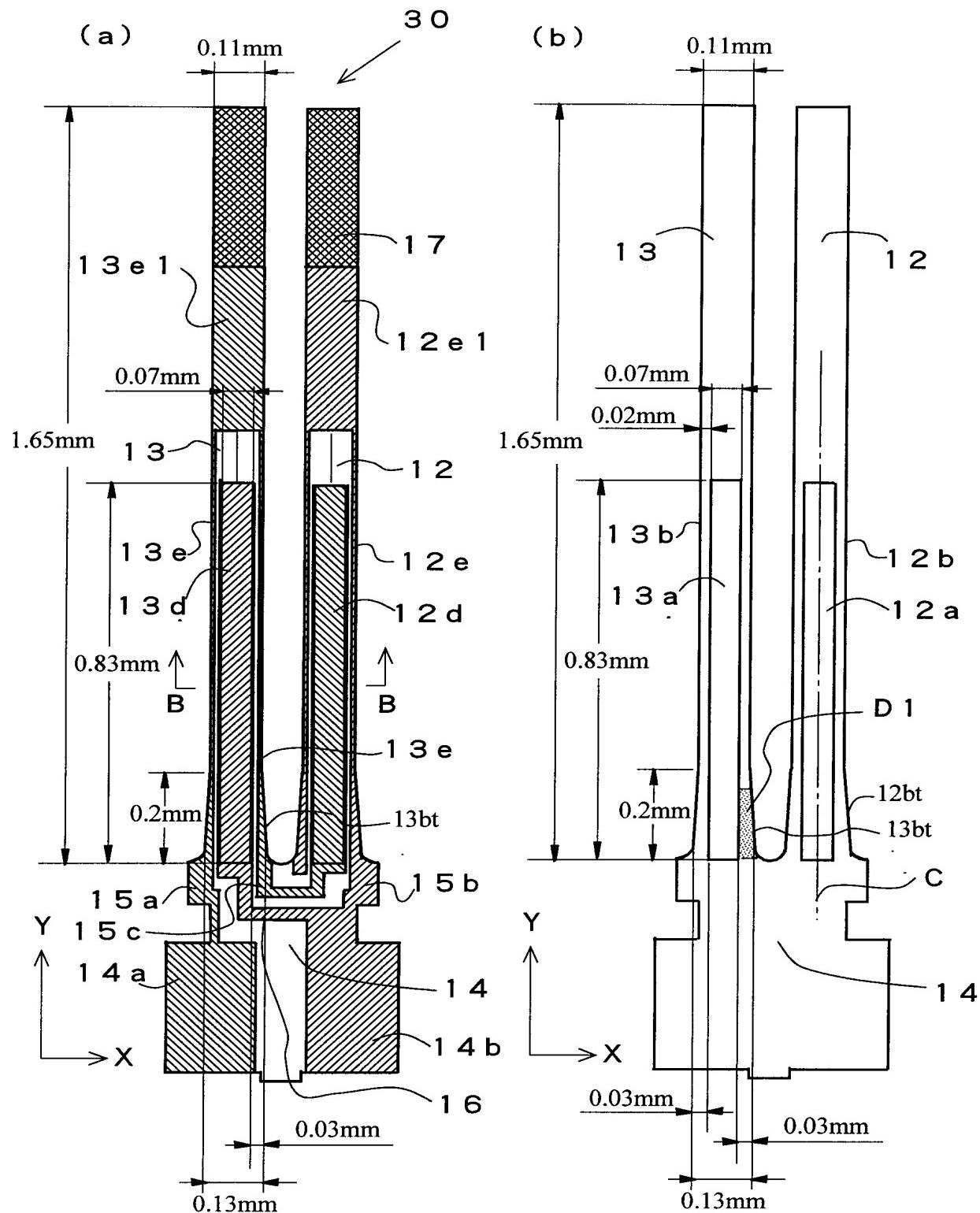
【図 3】



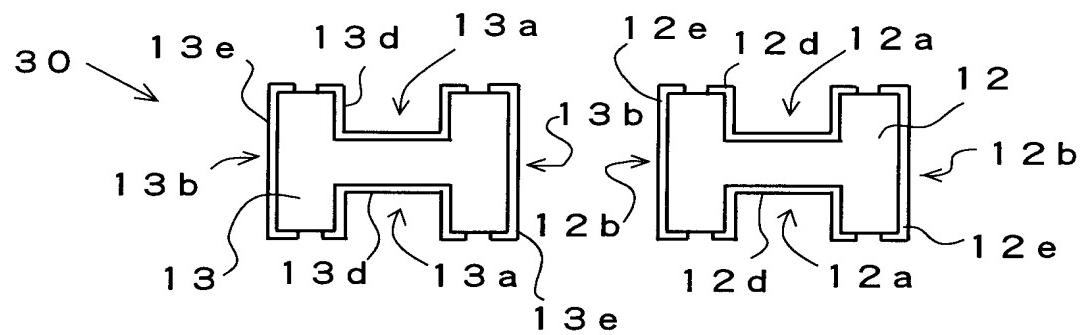
【図 4】



【図5】

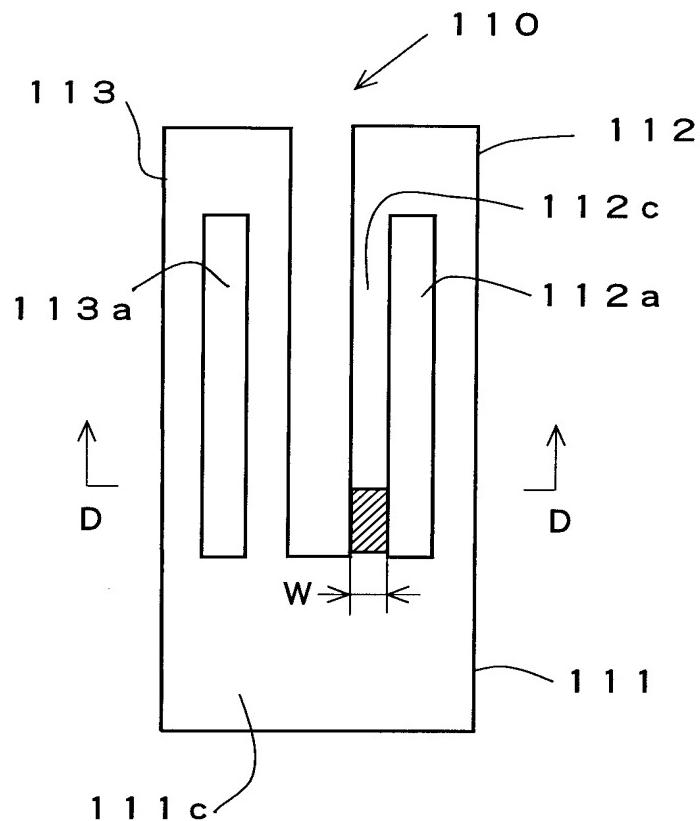


【図 6】

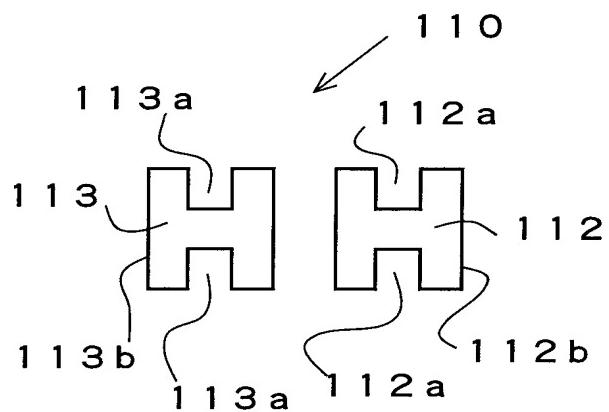


【図 7】

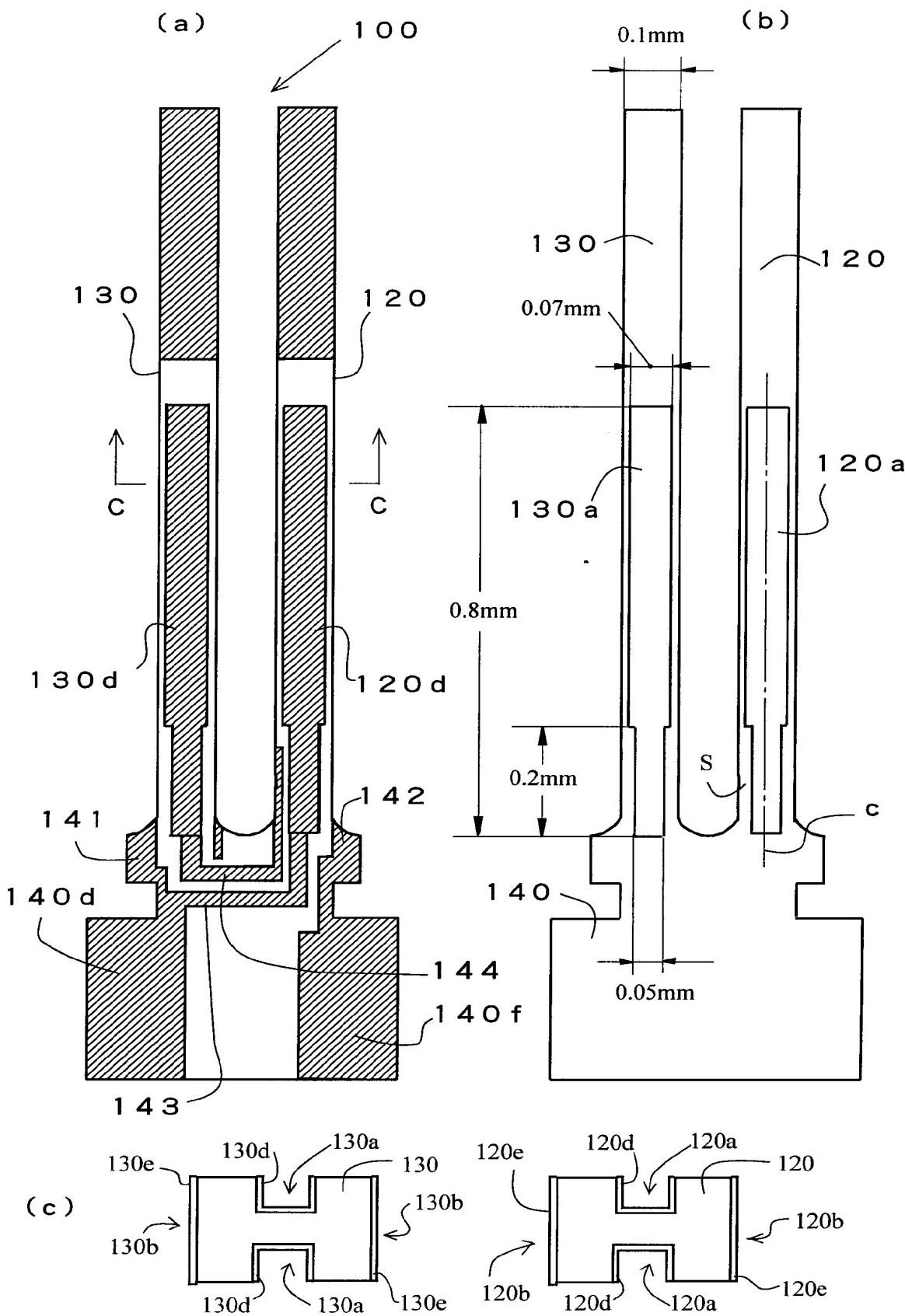
(a)



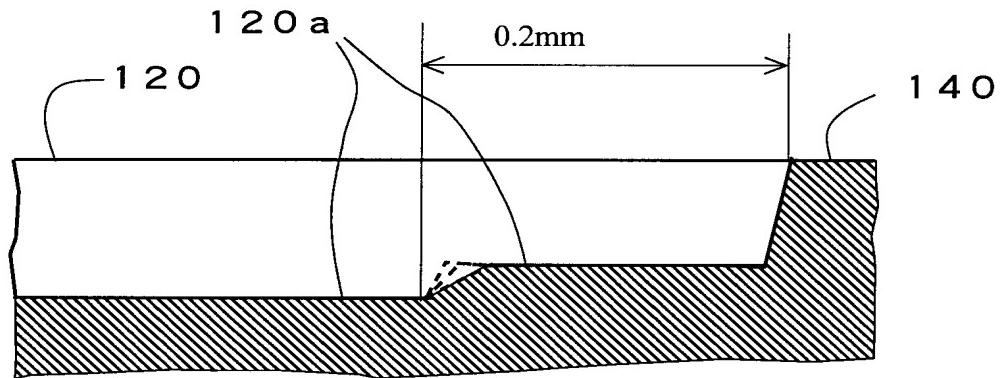
(b)



【図8】



【図 9】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 脚部に駆動電極用の溝部を有する小型の音叉型振動子において、電極間のショートを防止しつつ、C I 値（クリスタルインピーダンス）を低下させる。

【解決手段】 振動子基部4と、振動子基部から連続して形成され、所定の周波数で振動する2本の振動子脚部2，3と、振動子脚部2，3に形成された溝部2a、3aと、溝部2，3に設けた溝電極2dと、振動子脚部2，3の溝部が形成されていない側面2b，3bに形成した側面電極2e、3eと、基部電極4a、4bと側面電極2e、3eとを接続する側面電極用接続電極5a、5bと、溝電極2dと側面電極3eとを接続する溝・側面間接続電極5cとを有し、溝部2a、3aのうち、基部4近傍の幅を狭くして溝・側面間接続電極5cの配置部を設けた振動片を有する振動子において、基部4近傍の溝電極2d，3dと側面電極2b，3bとの距離を漸次変化させるように構成する。

【選択図】 図1

出願人履歴

0 0 0 0 0 1 9 6 0

20010301

住所変更

5 0 2 3 4 2 2 4 4

東京都西東京市田無町六丁目1番12号

シチズン時計株式会社